
MODELO DE REDES DE FLUJO PARA LA EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE CARRERA DOCENTE DE EDUCACIÓN 2020

CONSTANZA BARRENA^{*}
VALENTINA QUIROGA^{**}
MARIO WAISSBLUTH^{**}
ANDRÉS WEINTRAUB^{*}

Resumen

Educación 2020 nace a fines de 2008 como una manifestación desde la sociedad, encabezada por uno de los autores, Mario Waissbluth, para proponer acciones de mejoras en la educación y equidad de acceso en la misma. Educación 2020 presenta una propuesta completa para ser discutida en el plan de gobierno de largo plazo. Un elemento necesario para el análisis, es determinar las inversiones de cada una de las cuatro propuestas centrales planteadas; profesores de excelencia, directores de nivel internacional, condiciones adecuadas en aulas vulnerables y apoderados informados y participativos. En particular, se destaca la necesidad de establecer una capacitación y evaluación constante al cuerpo docente, cantidad de profesores jubilados anualmente, incentivos monetarios, demografía de la población escolar en los niveles de párvulo, básica y media, entre otros, dentro del marco de la formación y capacitación de profesores de excelencia, así como la formación de directivos de nivel internacional y apoderados participativos. El trabajo desarrolla dos modelos matemáticos para evaluar la mejora de la calidad docente, con el objetivo de alcanzar la formación de profesores de excelencia, detallando la transición desde un nivel de desempeño o estado a otro del profesorado, en conjunto con el costo anual de la propuesta. De esta forma, se permite la revisión de diferentes escenarios frente a restricciones presupuestarias por cada nivel educacional: Párvulo, Básica y Media. Permitiendo no sólo obtener los flujos anuales de cada ítem de la propuesta para cada año, sino también la trayectoria y flujo de la dinámica de la evolución del profesorado entre niveles de desempeño en el mismo periodo.

Palabras Clave: *Formación de Educadores, Programación Lineal, Análisis de Costo.*

^{*}Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

^{**}Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Educación 2020.

1. Introducción

La educación es una variable que ha sido fuertemente criticada en el último tiempo, debido a su alta injerencia en el desarrollo y oportunidades a los que pueden acceder los chilenos. Es el sector municipal, el que se encuentra más cuestionado, como consecuencia de una gran variedad de incentivos que no apuntan a mejorar necesariamente el desempeño de sus profesores, sino más bien la antigüedad de los mismos y otros elementos de carácter administrativo.

Es dentro de este contexto que Educación 2020 presenta una propuesta, la que por primera vez proviene desde la ciudadanía hacia el gobierno. Un problema al que se enfrenta Educación 2020 es el establecer en mayor detalle la inversión requerida para cada uno de sus pilares y en particular de las propuestas que los componen. Es decir, pese a que se han establecido valores tentativos, éstos sólo responden a órdenes de magnitud y reflejan una idea somera de lo necesario, más bien para fines de ejemplificación. Bajo este escenario el lograr esclarecer el detalle de la inversión es un punto vital, para tener un proyecto sólido y bien fundamentado, que sea de consideración para su integración al presupuesto de gobierno para el MINEDUC en corto y largo plazo. Por tanto, cabe destacar que el ámbito de mejora de la calidad docente represente el mayor volumen de la inversión necesaria, siendo por su parte, el eje de la propuesta.

En este trabajo se desarrolla la evaluación de la inversión asociada al pilar de “Profesores de Excelencia”, reflejando a su vez de manera simple, los flujos que muestran cómo van evolucionando en el tiempo, desde un nivel de desempeño al siguiente, los docentes que se desempeñan en el sector estatal. En particular se hace énfasis en la formación y perfeccionamiento del profesorado una vez ingresados al sistema educacional, evaluaciones, mejoras salariales progresivas, paquetes por desvinculación y el logro de una calidad en docencia de estándares internacionales a través de capacitaciones e incentivos a la superación constante, para el período 2010-2020. La trascendencia de resolver lo anterior, radica en que según las estimaciones establecidas por Educación 2020, es precisamente este factor el que representa el mayor monto de inversión, dado que es imperante mejorar la precaria calidad de los docentes actuales, quienes continuarán educando a los alumnos año a año, mientras en forma paralela se progresa en la formación de las nuevas generaciones de profesores. A su vez, diversos estudios internacionales, confirman que es precisamente el profesor y su desempeño en el aula, quien hace la mayor diferencia en las oportunidades a las que pueden acceder luego un niño, por lo que es de suma importancia abordar esta área.

Para lograr lo anterior, se crearon dos modelos; uno tiene por objetivo el

cálculo de la demanda anual de docentes de Párvulo, Educación Básica y Media por separado y en detalle a nivel comunal para las 346 comunas de Chile. El segundo, el más importante, toma esta demanda por cada nivel educacional como un input y entrega para cada año estudiado, el detalle del flujo de costos y dinámica de transiciones de mejora de desempeño docente. Es importante destacar, que además es posible modelar las salidas por retiros de jubilación, voluntario y desvinculación por calificación insatisfactoria, los que son puntos centrales de la propuesta. De esta forma, este segundo modelo es un reflejo de la propuesta de una renovada Carrera Docente, con foco en el desempeño de profesores ligado a los resultados de sus alumnos.

Los supuestos incorporados, reflejan los objetivos establecidos en la propuesta de Educación 2020 para lograr profesores de excelencia, así como factores políticos y contractuales que deben ser considerados. Para el caso del cálculo de demanda de docentes, no se incorporó el factor geográfico por simplicidad. Pese a esto, se considera que un docente debe desempeñarse 44 hrs. a la semana en su cargo, considerando una jornada completa, cumpliendo una proporción entre horas lectivas y no lectivas de 75/25, lo cual es un parámetro que es variado año a año para lograr un objetivo de 60/40 al 2020. También se supone que el promedio de niños por sala es de 35 alumnos, siendo el IVE (Índice de Vulnerabilidad Escolar) un índice que permite determinar cuantos de las matrículas por comunas responden a la clasificación de niño vulnerable, manteniéndose relativamente constante desde el 2010 al 2020. Este último es un parámetro que permite establecer al 2020 objetivos de reducción de niños vulnerables por sala.

Por su parte, el modelo matemático de Carrera Docente considera la evolución entre niveles de ejercicio que puede tener un docente, si es capacitado o no, teniendo por máximo un escalón por año. Lo anterior, se ve restringido para los dos menores niveles de desempeño, ya que por lo deficiente de sus conocimientos en ese momento, se requiere de un tiempo de al menos 2 años para pasar al siguiente nivel. Además, se considera mantener la evaluación docente que califica al 25 % del total de profesores en cada ocasión, agregando una prueba de habilitación que restringe el ingreso al sistema municipal, para mejorar la calidad de los educadores que ejercen en los municipios. También se tiene por parámetros un objetivo lineal de calidad docente, que al 2020 alcanzaría un 45 % del profesorado en nivel Experto, un 40 % como Intermedio y el restante 15 % entre Fundamentales e Insatisfactorios, detrás de una inversión en capacitación e incentivos monetarios ligados al desempeño. Finalmente, y según la necesidad de entregar una mejora en la carrera docente en cuanto las desvinculaciones, se agregan bonos por jubilación que actúan como un soporte para la salida de aquellos, que pese a no ejercer de manera óptima no pueden renunciar por no tener una jubilación suficiente.

2. Descripción del Problema

La educación de los chilenos es un problema complejo que se ha tratado en variadas oportunidades, pero pese a los esfuerzos realizados, aún no se ha logrado asegurar la equidad en la calidad de la misma. Este punto es crítico y debe solucionarse con un plan de largo plazo integrado a programas de gobierno. Existen estadísticas alarmantes en este sentido, de las cuales hay que hacerse cargo como país:

- El 6 % de los alumnos provenientes de las familias con más recursos no superan el promedio general internacional [1].
- 2 de cada 5 escolares terminan cuarto medio sin comprender lo que leen [1].
- La brecha entre el 20 % mejor y peor resultado del SIMCE se incrementó en 13 puntos en lenguaje y 16 en matemáticas entre 1996 y 2006 [1].
- Cerca del 36 % de los estudiantes que ingresan a estudiar pedagogía no saben leer un gráfico. Siendo casi el 35 % de los egresados aún incapaces de hacerlo [1].
- El gasto público en Chile es cerca de un tercio de la de países industrializados en educación básica y llega a ser un cuarto para educación secundaria [2]

En este marco es que Educación 2020 establece una propuesta basada en cuatro pilares; profesores de excelencia, directores de nivel internacional, condiciones adecuadas en aulas vulnerables y apoderados informados y participativos, considerando el aumento de la proporción de las horas no lectivas frente a las lectivas para dar a los docentes el tiempo necesario de preparar clases, atender a sus alumnos y corregir pruebas. Si bien el problema afecta a todo el sistema educacional, el foco se encuentra en los colegios municipalidades, los cuales son los más afectados en la actualidad en cuanto al desempeño de sus profesores. De los casi 3,5 millones de niños y jóvenes en el sistema escolar, cerca del 40 % pertenecen al sistema municipal como lo muestra la Figura 1.

Este trabajo se centra en el primero de estos puntos, creando una herramienta a través de un modelo de redes que evalúa el costo anual y total del sistema de capacitación, remuneración, evaluación y desvinculación (ya sea por motivos voluntarios, jubilación o desempeño), durante el período 2010 al 2020 para profesores del sector municipal, respondiendo a las exigencias de calidad establecidas. De esta forma no sólo es posible conocer los costos anuales,

Distribución de matrículas

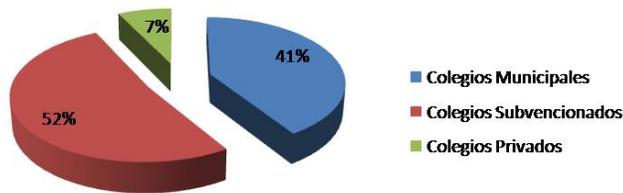


Figura 1: Distribución de matrículas hasta 2010 según número de alumnos.

sino que a su vez la dinámica de transición de los profesores desde un nivel de desempeño a otro.

Para apoyar el modelo de redes, se desarrolló un modelo de programación lineal que calcula la cantidad de profesores necesarios año a año según la demografía proyectada del país, considerando una proporción de horas lectivas vs no lectivas de un 60 % y 40 % respectivamente, sumado a la reducción de niños vulnerables por sala.

La información necesaria para plantear los escenarios discutidos, corresponden a datos obtenidos principalmente de 2008. Si bien es muy factible que estos datos puedan variar, el resultado sigue siendo significativo y referente a la realidad que se desea plasmar. El problema principal radica en que la regulación del estatuto docente vigente, permiten que profesores con menor desempeño en la evaluación docente, logren incluso percibir un salario mayor que aquellos catalogados como destacados. De esta forma, no sólo no se retribuye la excelencia ni se fomenta la constante formación de los educadores, sino que de desincentiva al ingreso de profesores con altas habilidades. La influencia del propio trabajo en el aula de un profesor es tan decisiva para los alumnos, como es mostrado en la Figura 2, por lo que resulta ser un debate altamente relevante. Si se tiene a dos alumnos de 8 años con desempeño de un percentil 50, es decir medio, pero uno de ellos es educado en lo que sigue por un profesor de alto rendimiento, mientras el otro en paralelo tiene por educador a uno de bajo rendimiento, al cabo de 3 años las diferencias son abismantes. El alumno que ha recibido las enseñanzas del profesor de mejor desempeño logra superarse y llegar al percentil 90, mientras su compañero empeora aún más su rendimiento, bajando del percentil 50 al 37 en igual tiempo.

Este trabajo considera como se mencionó en líneas previas, el área de formación y perfeccionamiento de profesores una vez ingresados al sistema educacional, evaluación, mejoras salariales progresivas, paquetes por desvinculación y el logro de una calidad en docencia de estándares internacionales a través de capacitaciones e incentivos a la superación constante, para el período 2010-

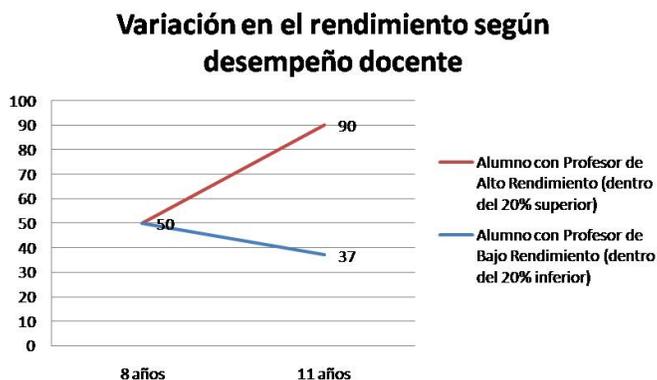


Figura 2: Influencia del desempeño docente en los resultados de sus alumnos. Fuente: Sander & Rivers Cumulative and Residual Effects on Future Student Academic Achievement, McKinsey.

2020. La trascendencia de resolver lo anterior, radica en que según las estimaciones establecidas por Educación 2020, es precisamente este factor el que representa el mayor monto de inversión dentro de su portafolio de proyectos, dado que es imperante mejorar la calidad de los docentes actuales, quienes continuarán educando a miles de chilenos año a año, mientras en forma paralela se progresa en la formación de las nuevas generaciones de profesores. Particularmente en este rubro, no se ha confeccionado un modelo similar hasta el momento, por lo que la herramienta entregada pretende ser un primer paso a un área de investigación y desarrollo en el que se potencie el soporte de metodologías y modelamiento para la toma de decisiones.

El modelo de redes que refleja la propuesta de Carrera Docente ataca el problema anterior, siendo capaz de entregar el detalle del flujo de transición en el nivel de desempeño de los docentes, en conjunto con los flujos de inversión necesarios para lograr los objetivos de calidad, remuneraciones e incentivos planteados al 2020 Por su parte, un modelo de programación lineal simple permite el cálculo período tras período de la cantidad de profesores requeridos según la demografía de la población y el progresivo avance hacia una proporción 60/40 entre horas lectivas y no lectivas, esto a través del período de 11 años que comprende el proyecto. Esto permite entregar las demandas totales de profesores a cumplir al modelo principal como uno de las restricciones angulares.

Para encontrar la solución al problema se desarrolló una metodología apoyada en la programación de una herramienta que permita introducir los insumos necesarios de manera amigable y fácil, entregando las tablas de datos en un formato que permita utilizarse directamente a través de AMPL-CPLEX para la solución y optimización de la evaluación de la propuesta de mejora docente en el largo plazo. Esta herramienta corresponde a una planilla Excel

que confecciona al ingresar los datos determinados la estructura de datos para el modelo. Lo mismo se realizó para el modelo de demanda de profesores. De esta forma, luego del levantamiento de información, se calibraron los parámetros definidos en cada modelo, los que muestran los elementos claves de la propuesta de Carrera Docente. Entre estos se destacan, las proyecciones de sueldo máximo y mínimo actuales y proyectados al año 2020, bonos de salida, jubilaciones, capacitaciones y evaluaciones, incluyendo la prueba de habilitación docente que serviría de filtro de entrada al sistema y la ya recurrente evaluación docente. En cuanto al cálculo de la demanda anual, los escenarios dependen principalmente de la cantidad de alumnos vulnerables por curso y proporción de horas lectivas y no lectivas. Esta parametrización puede realizarse a nivel de educación de Párvulo, Básica y media, flexibilizando aún más la toma de decisiones.

El estudio entrega una solución para cada uno de los 11 periodos pertenecientes al tramo 2010 -2020 en cuanto al costo anual de la propuesta y la dinámica de transición y salida entre un estado y otro, en conjunto con el posible déficit de alumnos a escuelas pedagógicas que deben ingresar al sistema para cumplir con los objetivos de calidad planteados año a año. En cuanto a la demanda por cada nivel educacional, el detalle obtenido es a nivel comunal, para las 346 comunas del país por cada año estudiado.

3. Enfoque del Modelo de Cálculo de Demanda

Como parte de la propuesta de Educación 2020, se encuentra la importancia de la proporción docente/alumno. Con especial énfasis en los alumnos vulnerables, reduciendo la cantidad de los mismos desde 35 a 25 por sala al 2020. Junto a esto último, se suma la necesidad de entregar a los docentes condiciones adecuadas para la preparación de sus clases. Es por esto, que para todos los profesores del sistema municipal, sin diferenciar según la clasificación de sus alumnos, se tiene por objetivo que al final del ciclo ya descrito, la proporción horas lectivas/no lectivas pase del actual 75/25 a un 60/40 como lo indican los estándares internacionales. El problema radica entonces, en la inexistencia de una herramienta o datos que reflejen diferentes escenarios que reflejen lo anterior, permitiendo determinar la cantidad de docentes que por ende se requerirán año a año en cada caso. Esto es relevante, ya que tiene directa influencia en los costos asociados a la propuesta. Por ejemplo, si al reducir la proporción de horas lectivas/no lectivas desde 75/25 a 60/40 el 2020, se tiene un aumento en la demanda de docentes, se tendrá entonces un incremento importante en la inversión, para cumplir la promesa de remuneraciones que es parte de la carrera docente. Esto, se suma a la necesidad de revisar la factibilidad de la propuesta en cuanto al número de docentes que ingresan año a

año al sistema vs los que salen del mismo.

El presente modelo, considera una reducción gradual del actual número de niños vulnerables por sala, así como de horas lectivas/ no lectivas año a año. De esta forma, se calcula la cantidad de salas que deben recibir educación municipal por comuna a nivel nacional desde el 2010 al 2020, siguiendo la proyección de población entregada por el INE. Con esta base, y considerando la jornada laboral descrita en el portal Docentesmás se procede a calcular los requerimientos de profesionales en cada uno de los tres niveles estudiados; Párvulo, Básica y Media, por comuna. Como supuestos se tiene que:

- Se establece una meta lineal al 2020 de tener 25 niños vulnerables por sala.
- Al 2020 se mantendrán los 35 niños por sala que actualmente hay, para aquellos no vulnerables.
- Se establece proyección lineal al 2020 de lograr proporción de hrs lectivas/ no lectivas de un 60/40.
- Actualmente la proporción es de 75 / 25.
- Datos de proyección por edad entregados por el INE al 2020.
- Jornada Completa para los docentes.
- Educación Básica y Pre Básica cumplen 38 hrs pedagógicas/ semana
- Jornada Laboral total 44 hrs.
- Se entregarán resultados por comuna, por grupo:
 - Media: 15-18 años.
 - Básica: 7-14 años.
 - Párvulo: 4-6 años.

Para su realización, se creó una interfaz en Excel debido a su familiaridad y facilidad de uso. Ésta genera tanto la estructura de datos necesaria, como el vínculo y entrega de datos a través del solucionador CPLEX. Se eligió este solucionador dada su facilidad para el manejo de grandes volúmenes de datos.

3.1. Modelo de Programación Lineal

Para obtener la demanda por docentes por comuna y año, se desarrolló un modelo simple de programación lineal, con el fin de poder hacer un análisis sencillo del problema. Dadas Restricciones sobre requerimientos de demanda de alumnos vulnerables y no vulnerables, el modelo determina el número de

profesores requeridos por comuna a nivel de párvulo, educación básica y educación media. Este modelo permite determinar los requerimientos de profesores por año y comuna entre el 2010 y el 2020 (ver detalles en [3]).

Considerando los datos de horas electivas, jornada laboral y horas pedagógicas a cumplirse por nivel educacional según lo establecido en la Jornada Completa a ser completada el 2010, se obtiene el número de profesores necesarios por sala para cada nivel, lo que multiplicado por el número de salas totales (de niños vulnerables y no vulnerables) de cada comuna, define demanda de total profesores por comuna.

Para el cálculo de salas por comuna año a año, se recogieron de la base de datos de la JUNAEB, el Índice de Vulnerabilidad de cada una de las 346 comunas del país. A su vez, se obtuvo el porcentaje de matrículas que representa el sistema municipal sobre el total en el que es calculado el IVE (establecimientos particular subvencionados más municipales). De esta forma, se calcula para cada nivel educacional, la cantidad de matrículas municipales, sobre ello, cuántas corresponden a niños vulnerables y cuantos no lo son. Después, se toman los objetivos de niños por sala para ambas condiciones y se divide el resultado anterior por este. Es así como se tiene el total de salas a ser cubiertas, lo que se repite hasta el 2020, para cada uno de los tres niveles educacionales ya descritos. Es importante destacar que la proporción de matrículas municipales y el IVE se suponen constantes, ya que no han mostrado variación importante en los últimos 3 años, junto con la inexistencia de estudios que permitan tener una estimación más exacta para el período 2010-2020.

3.2. Resultados

El modelo de demanda de profesores, calcula para cada nivel educacional y año perteneciente al período 2010-2020, la necesidad mínima de docentes. Para ello, asume un promedio de niños por sala, una proporción de horas lectivas vs no lectivas, cantidad y características de de horas pedagógicas (de 45 minutos) según sea Párvulo, Educación Básica o Media, todos parámetros los cuales pueden ser variados. Se define como caso base, aquel en que se consideran 44 horas semanales como jornada laboral, y horas pedagógicas de 45 minutos para el cumplimiento de la jornada escolar completa en cada nivel de escolaridad, utilizando sólo la proyección demográfica entregada por el INE. De esta forma, se obtiene que en el año 2020 se proyecta tener una reducción en las matrículas total cercana a 237.000 alumnos (Figura 3) como consecuencia del cambio en la demografía del país. Lo anterior se traduce en una reducción en la demanda de 5410 docentes para el 2020, en la Figura 4, se muestra el requerimiento de docentes para distintos escenarios de atención de alumnos.

Así se ve que si se conserva la estructura actual, se produce un reducción pequeña de requerimientos de profesores, producto de la reducción demográfi-

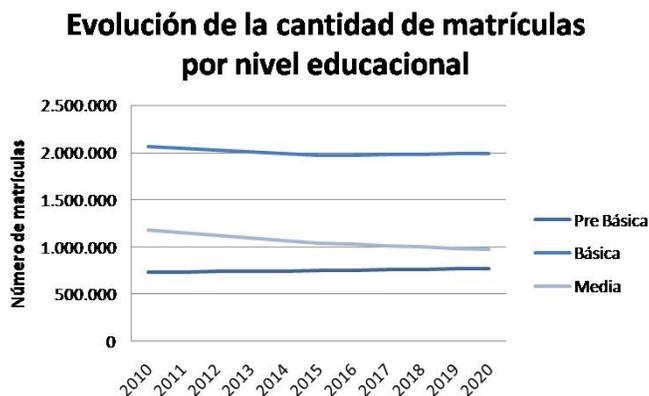


Figura 3: Variación de matrículas Párvulo, Básica y Media para el total de los sectores Privado, Municipal y Particular Subvencionado.

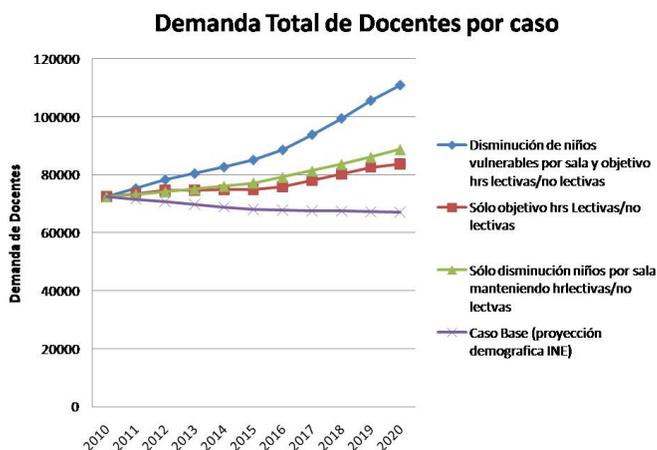


Figura 4: Estudio de demanda total de docentes por caso según parametrización.

ca de alumnos. Al aplicarse mejoras de atención, aumenta el requerimiento de profesores. La reducción de alumnos por clase permite pasar a 60/40 la programación de horas lectivas a no lectivas y las dos medidas simultáneamente.

Se encontró que el determinante principal en la variación de la demanda, para cada uno de los niveles estudiados, es la disminución de niños por sala (refiriéndose de manera única a quienes pertenecen a la clasificación de vulnerables). También se observó que la mayor variación en volumen de matrículas viene dado por aquellas del sector de Media, lo que concuerda con la evolución de las edades de la población.

Es importante recordar que todos los resultados del modelo son entregados no sólo de manera anual, sino que a su vez por comuna a nivel nacional. De esta forma, es posible observar por ejemplo los casos de 3 de las comunas más importantes de nuestro país Antofagasta, Concepción y Santiago las cuales

presentan un alto volumen de estudiantes, así como un porcentaje no menor de niños vulnerables dentro del sistema educacional municipal (68 %, 73 % y 67 % respectivamente), el cuál por su parte representan más del 52 % de los colegios en estas localidades, llegando incluso a un 67.7 % para Antofagasta. Maipú por su parte, es la comuna con mayor cantidad de estudiantes en el país, llegando a 36580 escolares de Párvulo, 99348 en Educación Básica y 56627 de Enseñanza Media. Pese a esto, es interesante ver que la proporción de establecimientos municipales sólo llega a un 23.9 % con un índice de vulnerabilidad de 63 %. Otro es el de San Esteban, comuna en que la totalidad de las instituciones pertenecen a la educación pública, con un alto IVE de un 90 %. Dicho lo anterior, si se analiza el caso base mostrado en la Figura 5, es posible destacar que si bien en su mayoría hay un descenso en la cantidad de profesores requeridos a lo largo del tiempo, para Maipú, el efecto contrario se debe a que según las estimaciones del INE la población entre 4 y 18 años crecerá, al contrario de lo que ocurre en las demás comunas.

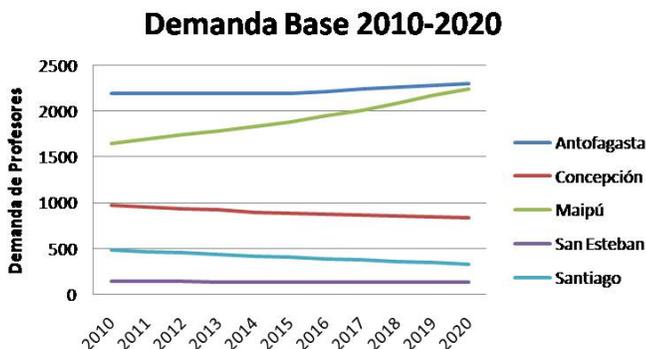


Figura 5: Análisis de demanda total para el caso base. Ejemplo para comunas: Antofagasta, Concepción, Maipú, San Esteban y Santiago.

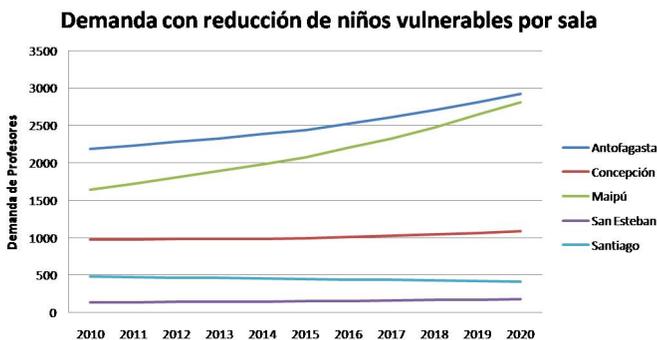


Figura 6: Análisis de demanda total bajo el efecto de la reducción de niños vulnerables por sala. Ejemplo para comunas: Antofagasta, Concepción, Maipú, San Esteban y Santiago.

Es interesante destacar que en aquellas comunas donde se combina una alta responsabilidad de la entidad pública sumada a un índice de vulnerabilidad considerable, como es el caso de Antofagasta, Concepción y Santiago, el efecto obtenido en el cambio de tendencia es mucho mayor, que lo que ocurre por ejemplo con Maipú, localidad en la cual la presencia estatal es menor. Para San Esteban, las consecuencias son proporcionalmente más importantes, debido a que el peso de la vulnerabilidad y la dependencia de la alcaldía son de gran importancia.

El modelo de demanda si bien es bastante simple, representa un buen complemento para el modelo de carrera docente, logrando una proyección del requerimiento de profesores por cada nivel educacional e incluso comunal. Esta información, si bien puede ajustarse en futuros trabajos con factores demográficos, los resultados del modelo principal no debieran variar de manera significativa, al agrupar la demanda en los tres estratos de educación.

4. Enfoque del Modelo de Cálculo de Carrera Docente

El modelo de capacitación y formación docente, refleja el flujo de profesores (separados por nivel de educación Párvulo, Básica y Media) desde un nivel de desarrollo y otro a través del tiempo que comprende el período 2010-2020. Este flujo entre estados corresponde al reflejo de la propuesta de carrera docente ya mencionada anteriormente, que incluye tanto los resultados de la Evaluación Docente (que cataloga a los docentes como Destacados, Competentes, Básicos e Insatisfactorios según su nivel de manejo en los 20 criterios que conforman los cuatro dominios del Marco para la Buena Enseñanza), junto con el propio desarrollo a través de post-títulos y responsabilidades adquiridas. Se encuentra caracterizado entonces, por arcos que unen parejas de nodos, los que a su vez representan cada uno de los niveles de desempeño posible que puede tener un profesor a lo largo de su proyección. Cada nodo está identificado con un índice mostrando el año al que pertenece y nombre del nivel; Experto, Intermedio, Fundamental, Insatisfactorio, Principiante de Primer y Segundo año de desempeño. De esta forma, la unidad básica del problema es un nodo, que se encuentra completamente caracterizado. Los arcos de transición entre un estado de perfeccionamiento y otro, muestran las inversiones anuales necesarias para lograr el objetivo de obtener una educación de alta calidad, centrada en profesores de nivel avanzado al año 2020.

El modelo muestra cuantos profesores cambian a cada estado, minimizando el costo total de la propuesta desde el año 2010 al 2020, considerando como objetivo el cumplimiento de la excelencia en la calidad docente al 2020, así como las metas parciales anuales en cuanto a la cantidad de docentes en cada nivel

para cada uno de los períodos. Todo lo anterior lo realiza considerando las estadísticas y costos de salida por retiros por jubilación, voluntarios e involuntarios, siendo estos últimos aquellos en los que quienes al recibir por segunda vez una calificación como Insatisfactorios deben abandonar el sistema. Cabe destacar, que un punto fundamental de la propuesta es la mejora salarial de los profesionales a medida que vayan subiendo de nivel. Es por esto que se establece una mejora lineal en las remuneraciones para cada uno de los estratos de la red, con el objetivo de llegar a un tope cercano a los \$ 1.500.000 para el nivel experto y un mínimo superior a los \$ 600.000 para los Principiantes e insatisfactorios en 2020.

Estos valores se encuentran aún en discusión, por lo que se puede realizar cálculos de sensibilidad para posibles variaciones. Una condición básica establecida es la formación de docentes de alta calidad, los cuales entrarán a cursar una carrera de alto nivel. La propuesta implica que incentivados por los mejores ingresos y condiciones, se confirmará un ingreso de mejores alumnos. De esta manera, a partir del 2016 ingresarían al sistema profesores de buen nivel. La red ya descrita se duplicará, para que a partir del año 2016 (en promedio una carrera de educación tarda 6 años en ser completada), un grupos de profesionales con un alto nivel de formación entre al mercado. El modelo será cargado con datos correspondientes a cada nivel de educación (Párvulo, Básica y Media), para poder obtener los costos de la propuesta de la institución en cada uno de ellos. Por lo tanto se tendrán tres resultados con las características previas para los casos de Párvulo, Básica y Media. Por último, es necesario hacer notar que, como punto de partida para 2010 del modelo de capacitación y formación docente, establece supuestos en relación a los niveles de la Carrera Docente.

- Todos los profesores en nivel Insatisfactorio y Fundamental son capacitados.
- Un profesor puede subir de nivel en un año gracias a una capacitación de calidad.
- De un año a otro sólo puede progresar en un nivel de calidad.
- 25 % de los profesores son evaluados cada año a través de la Prueba de Evaluación Docente.
- Se realiza una prueba de habilitación docente que comienza a rendirse en 2011, para todos quienes entren al sistema municipal. Esta evaluación realiza durante el primer año de desempeño, siendo similar en su forma ala actual prueba de evaluación docente
- Entre un 2,5 % y un 3,9 % del total de profesores se jubila cada año,

en cada uno de los tres niveles de educación que se estudian; Párvulo, Básica y Media.

- El 1.5 % se retira voluntariamente
- Para reflejar como una mejora paralela en las aulas en la que los profesores son formados, se tiene una red paralela que el 2016 permiten ingresar al sistema profesores mejor capacitados. Estos nuevos docentes, pueden comenzar en niveles superiores de desempeño en su primer año de ejercicio, con menores restricciones al subir al nivel siguiente de desempeño.
- Un profesor Insatisfactorio, puede llegar a Experto en 5 años mínimo si se capacita todos los años.
- Los profesores pueden mantenerse, subir de nivel o salir del sistema entre un año u otro.
- Aquellos profesores evaluados 2 veces Insatisfactorios, deben salir del sistema educacional municipal.
- Se corren 3 versiones del modelo: uno para Párvulo, uno para Básica y otro para Media, que si bien poseen las mismas restricciones, los datos de input son diferentes, respetando la realidad de cada uno. De esta manera, se tiene una mayor flexibilidad para genera una propuesta más robusta y flexible frente a restricciones de presupuesto.

Siguiendo lo anterior, el presente modelo considera 5 niveles;

- **Experto:** Último nivel de la red que puede ser alcanzado, reflejando un manejo completo de los contenidos evaluados en la Evaluación Docente, así como de estudios de postgrado. Se les aplica la Evaluación Docente cada 4 años.
- **Intermedio:** Tercer nivel del trayecto en la escala, representa a quienes son catalogados como Competentes en la Evaluación Docente y además poseen conocimientos adquiridos mediante diplomados u otros estudios personales acreditados. Al igual que en el caso anterior, son evaluados cada 4 años.
- **Fundamental:** Se refiere a quienes logran un nivel de Básicos en la Evaluación Docente, pudiendo o no tener estudios de post-títulos acreditados. Al ser determinados Básicos, son capacitados por el estado de manera necesaria durante el año siguiente al que rindieron la prueba de Evaluación Docente , la que se repite en su caso también cada cuatro años.

- **Insatisfactorio:** Representa el primer nivel de la malla, siendo equivalente al de la Evaluación Docente, en el que quienes obtienen este desempeño, tienen un bajo dominio de los criterios del Marco para la Buena Enseñanza, por tanto deben de capacitarse obligatoriamente para volver a ser evaluados al año siguiente.
- **Principiantes:** Aquellos profesionales del área de educación que tienen un año o menos de desempeño en el sistema estatal. Son quienes para poder entrar a trabajar a los colegios Municipales deben de rendir durante este primer año de trabajo, la Prueba de habilitación, la cual tiene características similares a la de Evaluación Docente (la cual realizan durante su segundo año de trabajo), con el fin de determinar si pueden ejercer en colegios de este tipo de dependencia. Se dividen en principiantes de primer y segundo año de desempeño.

Un ejemplo de las dinámicas de transición entre niveles es mostrado en la Figura 7.

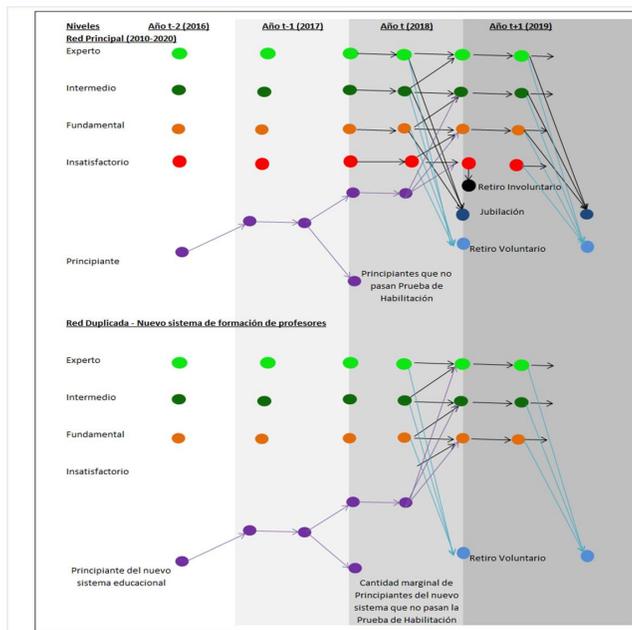


Figura 7: Dinámica de flujo según nivel de desempeño.

4.1. Modelo de Programación Lineal

El modelo de red descrito, comprende los años del período 2010-2020 ambos inclusive. La metodología escogida es resultado de un análisis frente a las herramientas disponibles. Como característica principal se encuentra su facilidad para amoldarse a problemas de programación lineal y de reflejar los movimientos entre un estado y otro de las variables a considerar, las que en este caso se refieren a cantidad de profesores.

Las principales variables del modelo son:

- Cantidad de profesores en cada estado o nivel ya descrito de la red en el año t .
- Cantidad de profesores que se mantienen o suben al estado siguiente entre t y $t + 1$. Ello como consecuencia de la carrera docente explicada en líneas anteriores.
- Cantidad de docentes que deben salir en t del sistema municipal, como consecuencia de haber obtenido dos evaluaciones Insatisfactorias consecutivas.
- Cantidad de profesores se retiran del sistema entre t y $t + 1$, por motivos de jubilación o de forma voluntaria (ambas identificados de manera separada) y de qué nivel provienen.
- Cantidad de educadores que como consecuencia de un deficiente resultado en su Prueba de Habilitación no les es posible ejercer en el sistema municipal y por tanto deben salir de él.
- Cantidad de profesores que dan por segunda vez la Prueba de Habilitación. Se refiere al grupo de profesores que por segunda vez consecutiva dan la Prueba de Habilitación con el fin de entrar al sistema municipal. Dado esto, no implica que por ello, pasen necesariamente esta vez la evaluación.
- Costo Anual de la propuesta en USD (560,14CLP/USD).

Por otro lado, como fue mencionado en líneas anteriores, se cuenta con una red duplicada en la cual se refleja la entrada e interacción entre un estado y otro, para un grupo de profesionales con un mejorado estándar educacional, quienes se titularían a partir del año 2016. A su vez, ambas redes en conjunto cumplen con los requerimientos de demanda y la factibilidad de que los docentes decidan de manera voluntaria abandonar el sistema educacional municipal. En este caso, las principales variables involucradas son:

- El Flujo de Transición de la red duplicada: representa la cantidad de profesores que se mueven desde un estado a otro, sin poder realizar descensos de nivel. Su principal diferencia con el flujo de transición de la red anterior, es que no permite que los Principiantes no pasan a ser Insatisfactorios, dado su conocimiento y habilidades adquiridas.
- El Flujo de Mantención de la red duplicada: Refleja la cantidad de profesores en cada nivel por cada año.

- El Flujo de Salida voluntaria de la red duplicada: Muestra cuantos docentes de cada nivel se retiran voluntariamente año a año, como parte de la cota total calculada para ambas redes en conjunto.
- El Flujo de Retiro por una calificación deficiente en la Prueba de Habilitación para la red duplicada: Tal como la red principal, responde mostrar la cantidad de educadores que no pasan la prueba de evaluación, pese a provenir de un mejorado sistema de formación. Debido a esto, se utilizará para observar escenarios en que una porción pequeña del total obtenga calificación insuficiente o que todos superen la prueba en cuestión.
- Cantidad de profesores que dan por segunda vez la Prueba de Habilitación en la red duplicada: Se refiere al grupo de profesores que por segunda vez consecutiva dan la Prueba de Habilitación con el fin de entrar al sistema municipal, provenientes del sistema educacional representados por la red duplicada. Dado esto, no implica que por ello, pasen necesariamente esta vez la evaluación.

Los costos asociados al proceso son:

- Costo de la Evaluación Docente del año t . Refleja el costo total, multiplicando el número de profesores que se evalúan por su costo.
- Costo de la prueba de Habilitación del año t . Al igual que con la prueba de Evaluación Docente, recoge la cantidad de profesores que ingresan al sistema municipal y el costo de la prueba de habilitación propuesta.
- Costo total de las capacitaciones brindadas en el año t .
- Muestra la inversión requerida cada año para poder brindar a los docentes sus remuneraciones según nivel de desempeño.
- Resume de todos los costos por salida, como bonos por jubilación o desvinculación cada año del horizonte.
- Represente el costo asociado a la formación de mejores docentes provenientes de un sistema de educación universitaria de calidad superior.
- Esta variable considera todas las condiciones de borde del modelo que deben reflejarse como parte del año 2020.

Las principales restricciones que involucran a las variables descritas corresponden a conservaciones de flujos y cumplimiento de demandas por nivel de desempeño; es decir que cada año se vea cumplida la cantidad de docentes en cada uno de los niveles explicados como reflejo de la mejora de la calidad de profesores, para lo cual entre un año y otro deben ser capacitados. En cuanto a la dinámica de ingreso al sistema, se hacen efectivas las tasas de aprobación para la prueba de Habilitación y la incorporación a los niveles de Insatisfactorio y Fundamental (desde el estado de Principiantes de segundo año de desempeño) para la red principal y hasta el 2015, incluyéndose la posibilidad de entrar al estado Intermedio desde el 2016 en adelante. Por su parte, para el caso de la red duplicada todos los niveles de desempeño son factibles desde

el segundo año de desempeño como consecuencia de pertenecer a una mejor formación inicial de los docentes que recién ingresan al sistema municipal. Finalmente, es de suma importancia recordar que como parte fundamental de la propuesta se refleja el hecho que quienes sean dos consecutivas veces catalogados como Insatisfactorios, deben abandonar la red, para lo cual puede agregarse un bono de retiro que si bien en la actualidad no existe, es posible de integrarse a análisis futuros al tratarse de un parámetro considerado en el código.

Así, es posible obtener luego a través de la programación en el software AMPL, con la resolución por CPLEX, el cálculo de manera anual del costo de la propuesta y el número de profesores que cambian de estado y desde qué nivel se mueve al siguiente. Es importante resaltar que gracias a la alta flexibilidad presentada por la herramienta, es pueden manejar un gran número de escenarios factibles.

4.2. Resultados

En esta sección se presentan los resultados analizados para 5 casos diferentes. Para cada uno de los niveles educacionales; Párvulo, Básica y Media, se establecieron casos base por separado considerando los salarios máximos y mínimos actuales según datos entregados por Educación 2020, los cuales fueron reajustados por un 3% anual, desde el 2010 al 2020, a modo de proyección del de la moneda real esperada como único factor de variación conocido (con un tipo de cambio de 560,14 a correspondiente al actual utilizado para el presupuesto 2010 del gobierno). A su vez, se consideran las demandas por docentes calculadas por el modelo de demanda ya explicado, incluyendo sólo la influencia de la demografía entregada por el INE, en el período estudiado. En cuanto al objetivo de calidad, comprendido como la proporción del total de profesores que representa cada nivel de desempeño (Experto, Intermedio, Fundamental e Insatisfactorio) se mantiene el actualmente utilizado que responde al promedio de los resultados de los últimos cuatro años de realización de la Evaluación Docente. Por último, consideramos los incrementos en costo para cada escenario en relación a un caso base en que se considera la mantención de las condiciones actuales y un incremento de 3% anual en las remuneraciones de los profesores.

La reducción de demanda de profesores por factores demográficos implica que los costos del caso base crecen lentamente entre 2010 y 2020.

La reducción de niños vulnerables resulta ser un factor importante en cuanto a la variación de los costos, lo cual se explica por el aumento de los requerimientos de profesores para poder cubrir el aumento de salas que se deben crean. Este factor supera al efecto de la sola reducción de la proporción horas lectivas/no lectivas, siendo este último uno de los puntos fuertes de la propues-

ta. Es por esto, que es recomendable evaluar reducir la cantidad de alumnos vulnerables por sala, sólo en uno de los tres niveles de educación, como lo sería por ejemplo en Párvulo, ya que es donde se obtienen las mayores diferencias en el nivel de aprendizaje.

Por su parte, se analizó la posibilidad de buscar un objetivo menos ambicioso para el nivel de calidad al 2020, siendo más reservado, pero quizás más factible en su ejecución pensando en las dificultad de formar en 10 años un número elevado de profesionales expertos (Tabla 1). De esta forma, se obtuvo un posible ahorro de casi un 4%.

	Inicio 2010	Objetivo al 2020	Objetivo Alternativo
Expertos	8 %	45 %	15 %
Intermedios	58 %	40 %	55 %
Fundamentales	32 %	15 %	28.6 %
Insatisfactorios	1.4 %	0.10 %	1.4 %

Tabla 1: Objetivo de Calidad Docente como porcentaje del total de profesores en el sistema Municipal cada año.

En cuanto a los sueldos, como era de esperarse representan otro de los factores críticos en la propuesta. Esto es directa consecuencia al aumento de dos ítems al tener un sistema que gratifica el desempeño individual:

- I. Por una parte el sostenido aumento del monto de las remuneraciones, que trabajan como incentivos para que los buenos docentes permanezcan como tales en las aulas, al tiempo que se ayudan a atraer alumnos con habilidades a las carreras de pedagogía.
- II. Gracias a los programas de capacitaciones, se aumenta la proporción de profesores con buen desempeño en las salas de clase. De esta forma el ejercicio al estar ligado a las remuneraciones, con un sistema de capacitaciones e incentivos se espera logre los niveles de calidad en las aulas que se planifican, resulta en este aumento de costos.

Se identifican una gran cantidad de escenarios posibles, frente a los que se contrasta la propuesta sensibilizando parámetros. Por ejemplo, si se decide aumentar al doble los costos de las capacitaciones hoy consideradas, las que por su parte recaen en entidades independientes y acreditadas en forma de diplomados o magister, el aumento es significativo, de 4.2%.

La Tabla 2 muestra los resultados de correr los distintos escenarios. Como se ve, los costos anuales son crecientes. Además tienden a estabilizarse después del año 2020. Los valores marcados como GAP INVERSION reflejan los costos adicionales, por sobre el plan base, de las distintas mejoras propuestas. Así tenemos que los gastos aumentan desde el caso mas básico de mejora de sueldos y reducción e horas lectivas , que para el año 2020 significa un costo

adicional de \$1.2 billones de dólares sobre el escenario base, hasta el escenario que incluye todas las mejoras, reducción de horas lectivas, mejora de remuneraciones , reducción de número de alumnos por clase en niños vulnerables, mejora e intensidad de las capacitaciones, con un costo anual de 2.3 billones de dólares.

GAP In- versión	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Caso 1	\$100	\$189	\$267	\$356	\$438	\$526	\$736	\$841	\$962	\$1.081	\$1.016	\$6.713
Caso 2	\$118	\$246	\$365	\$504	\$642	\$798	\$1.158	\$1.358	\$1.603	\$1.854	\$2.136	\$10.781
Caso 3	\$142	\$270	\$388	\$526	\$663	\$818	\$1.336	\$1.552	\$1.774	\$2.025	\$2.310	\$11.804
Caso 4	\$116	\$235	\$343	\$468	\$591	\$729	\$1.067	\$1.242	\$1.458	\$1.672	\$1.912	\$9.835
Caso 5	\$103	\$198	\$282	\$379	\$471	\$570	\$807	\$930	\$1.072	\$1.215	\$1.377	\$7.402

Tabla 2: Resultados modelo de Carrera Docente. Reflejo del gap de inversión anual versus caso base. Montos en millones de dólares.

Caso 1: Reducción Hras. Leactivas/No Lectivas

Caso 2: Reducción Hras. Leactivas/No Lectivas y de niños vulnerables por sala.

Caso 3: Reducción Hras. Leactivas/No Lectivas y de niños vulnerables por sala + Capacitación Doble.

Caso 4: Reducción Hras. Leactivas/No Lectivas y de niños vulnerables por sala + Obj. Alternativo.

Caso 5: Reducción Hras. Leactivas/No Lectivas y de niños vulnerables por sala PB + sólo reducción HLNL Básica y Media.

5. Conclusiones

Para la evaluación a la propuesta de Educación 2020 para la carrera docente, se establecieron los requerimientos en la dinámica de flujos para reflejar lo que sería el camino a una mejora sustancial en la calidad de la educación impartida, soportada por inversiones en el área de salarios, capacitaciones y bonos de retiro por jubilación, con el fin de entregar una señal clara de la promesa de una proyección digna y gratificante del oficio. Si bien la consecuente mejora en la calidad de la educación tiene consecuencias directas en las oportunidades de los alumnos del sistema de educación municipal, este trabajo no pretende cuantificarlos, siendo por tanto el paso a investigaciones futuras. La metodología escogida, responde a la necesidad de plasmar fácilmente junto con los montos requeridos, el número de docentes en cada nivel de desempeño y su evolución entre un año y otro. Así se permite evaluar tanto los flujos de costos como de los mismos docentes, como parte del sistema educacional en un período de 11 años.

Como factores críticos están los sueldos objetivos en conjunto con las inver-

siones en capacitaciones, lo que afecta mayormente a la inversión en el nivel de Párvulo, quienes actualmente reciben los menores salarios. Además, se halla el efecto de la demanda de docentes, lo que refleja las decisiones de reducir o no la cantidad de niños vulnerables por sala y/o mejorar la proporción de horas lectivas/no lectivas. Por su parte, el reflejar un aumento en los sueldos, representa un mensaje potente con el compromiso en la mejora de la estructura de sueldos y por lo tanto un punto a atracción para atraer estudiantes de alto desempeño a las carreras de pedagogía. Relacionado con ello, se encuentra la factibilidad de la propuesta, en concordancia con la necesidad de docentes. El modelo supone que se encuentra disponible el volumen necesario de profesionales para entrar al sistema municipal, pero a su vez calcula el déficit de los mismos como la diferencia entre los que se requiere que ingresen a su primer año de desempeño (considerando la proporción que podrá aprobar la prueba de habilitación, suponiendo un 60 % los 3 primeros años) y el 50 % del promedio de titulados según los datos de la DIVESUP, manteniendo este último en el tiempo al no contarse con una proyección a futuro. De esta forma, al combinar la reducción de niños por sala y de proporción hrs lectivas/no lectivas, se tiene en promedio una carencia anual de 565 y 3402 profesores de nivel Párvulo y Básico respectivamente, como consecuencia de la baja tasa esperada de aprobación de la prueba de habilitación. Esto demuestra la necesidad de atraer alumnos de alta calidad y de mejorar la formación de los mismos, para revertir este índice de aprobación, reduciendo esta diferencia. Por su parte, el caso de la educación media, no presenta grandes déficits, debido a que la demografía disminuye el impacto del incremento de la demanda de docentes por los efectos de la reducción en horas lectivas/no lectivas y de niños por sala. Cabe recordar, que en los últimos años, la cantidad de estudiantes de pedagogía se ha visto incrementada de manera importante, lo que significa que en el futuro próximo, la cantidad de titulados será mayor a la utilizada en este momento para calcular esta diferencia. Es importante recordar que al suponer un objetivo de calidad que podría ser llamado más conservador, pero con mayores probabilidades de lograrse, la inversión incremental se reduce en un 3.9 %, lo que es un factor importante en la toma de decisiones.

Si bien la inversión requerida no deja de ser importante, nuestro país posee un gasto público en educación de un 2,4 % del PIB, lo cual en comparación al 3,5 % promedio de los países de la OECD representa un amplio margen de crecimiento posible. De esta forma, un incremento como el de la propuesta de rebaja de hrs. lectivas/no lectivas, sumado a una mejora en la cantidad de alumnos vulnerables por sala, propuesta de carrera docente con objetivos de calidad que apuntan a un 85 % de los docentes en los niveles Expertos e Intermedios, tiene un anual incremental al año 20 de 2.3 billones de dólares. Este valor se puede reducir por ejemplo si se disminuye linealmente el número de niños vulnerables sólo en Párvulos.

Por último, no debe dejar de mencionarse que una arista importante es que se está modelando el comportamiento y mejor dicho, la mejora de las capacidades de personas, por lo que los supuestos en torno a esta tarea fueron brindados por expertos para reflejar de mejor forma la realidad. Cabe notar además que las cifras indicadas corresponden a números aproximadas solamente, dada la relativa poca exactitud de múltiples parámetros considerados, como ya se observó.

Agradecimientos: Los autores agradecen al apoyo de la Fundación Educación 2020 y al Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ICM: P-05-004-F, CONICYT: FBO16).

Referencias

- [1] Educación 2020. Hoja de Ruta 2010-2020, Se acabó el recreo. Santiago, Chile. 2010.
- [2] Amar, M. Equidad, Calidad y Derecho a la Educación en Chile: Hacia un nuevo rol del Estado. Biblioteca Nacional de Chile. Serie N°9. Chile. 2007.
- [3] Barrena C. Modelo de Redes de Flujo para la Evaluación de la Propuesta de Carrera Docente de Educación 2020. Memoria Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile. 2010.
- [4] Beyer, H. y Araneda, P. Hacia un Estado más Efectivo en Educación: una mirada a la regulación laboral docente. 2009.
- [5] Departamento de Estudios y Desarrollo . Indicadores de la Educación en Chile. División de Planificación y Presupuesto. Chile. 2007.
- [6] Departamento de Estudios y Desarrollo. Indicadores de la Educación en Chile 2006. División de Planificación y Presupuesto. Chile. 2006.
- [7] Mizala, A. y Romaguera, P. Determinación de factores explicativos de los resultados escolares en educación media en Chile. Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 2000.
- [8] Unicef, MINEDUC Gobierno de Chile. ¿Quién dijo que no se puede? Escuelas Efectivas en Sectores de Pobreza. Chile. 2004.